



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06060153 A**(43) Date of publication of application: **04 . 03 . 94**

(51) Int. Cl.

G06F 15/60(21) Application number: **04236527**(71) Applicant: **NIPPON STEEL CORP**(22) Date of filing: **12 . 08 . 92**(72) Inventor: **TOMIYAMA TAKESHI
HIZUKA TAKASHI****(54) METHOD FOR GENERATING THREE-DIMENSION GRAPHIC DATA**

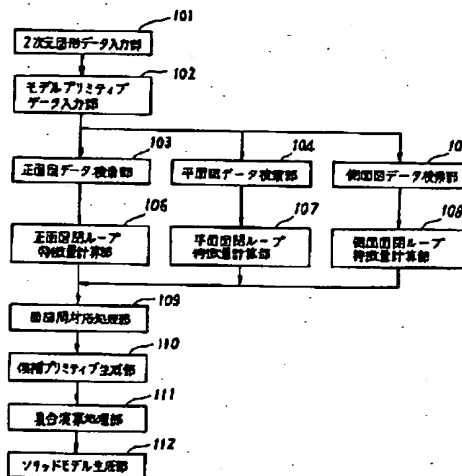
set arithmetic operation when the plural number of basic cubic bodies are generated.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

PURPOSE: To provide the 3-dimension graphic data generating method able to automatically generate a solid model expressing a 3-dimension shape of an object from 2-dimension graphic data drawn on three drawings without limiting the shape of the object different from a conventional technology, generating an imaginary part or reconversion of data obtained once.

CONSTITUTION: The method includes a processing 101 entering 2-dimension graphic data forming three drawings, processing sections 103-108 detecting a closed loop included in each of the entered three drawings, while generating an auxiliary line to convert a concaved closed loop into a convex loop, calculating a feature quantity including coordinates of end points as to the convex closed loop, an inter-drawing processing 109 generating sets of the three convex closed loops making the convex closed loops obtained from the three drawings correspondent with each other based on the feature quantity calculated, a processing 110 generating a basic cubic body from the sets of the closed loops, and a processing 111 implementing mutual



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 6 - 6 0 1 5 3

(43) 公開日 平成6年(1994)3月4日

(51) Int. Cl. ⁵

G 0 6 F 15/60

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

4 0 0 A 7922-5 L

審査請求 未請求 請求項の数 1 1

(全 2 1 頁)

(21) 出願番号 特願平4-236527

(22) 出願日 平成4年(1992)8月12日

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 富山 健

東京都武蔵野市吉祥寺3-5-8-604

(72) 発明者 肥塚 隆

東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内

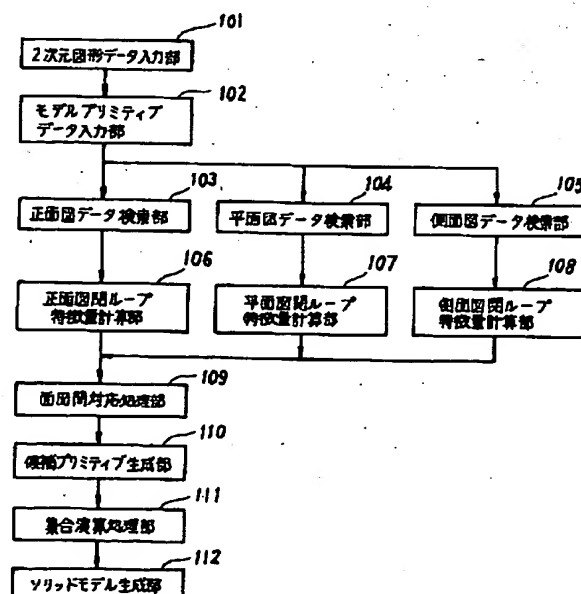
(74) 代理人 弁理士 櫻井 俊彦

(54) 【発明の名称】 3次元図形データの生成方法

(57) 【要約】

【目的】 3つの面図に描かれた2次元図形データから物体の3次元形状を表現するソリッドモデルを、従来技術のように物体の形状を限定することなく、また虚の部分を生じたり一旦得られたデータを再変換したりすることなく、自動的に生成することのできる3次元図形データ生成方法を提供する。

【構成】 3個の面図を構成する2次元図形データ入力する処理(101)と、入力した3個の面図のそれぞれに含まれる閉ループを検出し、凹状の閉ループについては凸状にするための補助線を生成しながら凸状の閉ループについて端点の座標値を含む特徴量を計算する処理(103~108)と、3個の面図のそれぞれについて得られた凸状の閉ループどうしをそれぞれについて計算された特徴量に基づき対応つけることにより対応する3個の凸状の閉ループの組を作成する面図間対応処理(109)と、この閉ループの組から基本形状立体を生成する処理(110)と、この生成して基本形状立体が複数の場合相互の集合演算を行う処理(111)とを含んでいる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 3次元形状を有する物体を互いに直交する3つの平面に投影して得られる3個の面図を構成する2次元図形データを入力する2次元図形データ入力処理と、
前記3個の面図のそれぞれについて、前記2次元図形データに含まれる閉ループを検出する閉ループ検出処理と、
前記3個の面図のそれぞれについて、前記検出された閉ループが凹状であればこれに補助線を付加することにより凸状にする補助線付加処理と、
前記3個の面図のそれぞれについて、前記閉ループ検出手段で検出された凸状の閉ループ及び前記補助線が付加された凸状の閉ループについて、端点の座標値を含む特徴量を計算する特徴量計算処理と、
前記3個の面図のそれぞれについて得られた凸状の閉ループどうしを、それぞれについて計算された前記特徴量に基づき対応付けることにより対応する3個の凸状の閉ループの組を作成する面図間対応処理と、
前記対応付けた3個の凸状の閉ループの組から基本形状立体を生成する基本形状立体生成処理と、
前記生成させた基本形状立体が複数の場合相互の集合演算を行う処理とを含むことを特徴とする3次元図形データの生成方法。

【請求項2】 請求項1において、
前記閉ループ検出処理は、前記各面図について、まず最外周閉ループを検出する第1の閉ループ検出処理と、次いでこの検出された最外周閉ループに包含される閉ループを検出する第2の閉ループ検出処理とを含むことを特徴とする3次元図形データの生成方法。

【請求項3】 請求項2において、
前記第2の閉ループ検出処理は、前記補助線付加処理による補助線の付加を介在させながら反復されることを特徴とする3次元図形データの生成方法。

【請求項4】 請求項3において、
前記第2の閉ループ検出処理は、既に検出済みの閉ループと同一の閉ループを生じさせた凹状の閉ループを廃棄する処理を含むことを特徴とする3次元図形データの生成方法。

【請求項5】 請求項4において、
前記特徴量は、所定の属性設定規則に基づき生成される属性を含むことを特徴とする3次元図形データの生成方法。

【請求項6】 請求項5において、
前記特徴量は、前記第2の閉ループ検出処理に伴う補助線の付加の反復回数を再帰深さとして含むことを特徴とする3次元図形データの生成方法。

【請求項7】 請求項6において、
前記所定の属性設定規則は、前記各再帰深さにおいて、
1. 最外周の閉ループについては属性「+」を設定し、

2. 最外周の閉ループ以外の閉ループであって、
2-1. 補助線を一部に含むものについては属性「-」を設定し、
2-2. 隠れ線を一辺に持ち、かつこの隠れ線がこの閉ループを包含する最外周閉ループに包含される外形線と端点を共有するものについては属性「+」を設定し、
2-2. 前記2-1. にも2-2. にも該当しないものについては属性「0」を設定する
ものであることを特徴とする3次元図形データの生成方法。

【請求項8】 請求項7において、
前記基本形状立体生成処理は、生成する基本形状立体が前記集合演算処理において他の基本形状立体に加算されることを示す演算符号「+」又は他の基本立体から減算されることを示す演算符号「-」を、前記対応付けられた3個の凸状の閉ループの属性に基づき生成する演算符号の生成処理を含むことを特徴とする3次元図形データの生成方法。

【請求項9】 請求項8において、
前記各閉ループの属性に基づく演算符号の生成処理は、前記対応付けられた3個の凸状の閉ループのうち少なくとも一つが属性「-」を有するか又は全てが属性「0」を有する場合には前記演算符号「-」を生成し、その他の場合には前記演算符号「+」を生成処理を含むことを特徴とする3次元図形データの生成方法。

【請求項10】 請求項9において、
前記各閉ループの属性に基づく演算符号の生成処理は、各閉ループについての再帰深さをゼロ以上の整数 i 、 j 、 k 、ただし $i \leq j \leq k$ 、とした場合、
最小の再帰深さ i の閉ループについては元の属性を、再帰深さ j の閉ループについては元の属性を $(-1)^{j-i}$ 倍した属性を、再帰深さ k の閉ループについては元の属性を $(-1)^{k-i}$ 倍した属性をそれぞれ用いることを特徴とする3次元図形データの生成方法。

【請求項11】 請求項8乃至9において、
前記生成される基本形状立体は、前記対応付けられる3個の凸状の閉ループのそれぞれが有する再帰深さのうち最大のものをこの基本形状立体の再帰深さとして有し、
前記生成された基本形状立体どうしの集合演算は各基本形状立体の再帰深さの大きなものから小さなものへと順番に行われることを特徴とする3次元図形データの生成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、図面入力システムなどに利用される3次元図形データの生成方法に関するものであり、特に、正面図、平面図、側面図などの2次元図形データとして表現された物体の3次元形状を自動的にCADシステムに入力する場合などに利用される3次元図形データの生成方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】物体の3次元形状を表現するためのモデルとしては、物体の形状特徴点である頂点と各頂点間を結ぶ稜線とで表現するワイヤフレームモデルと、物体をその表面形状で表現するサーフェスモデルとが良く利用されている。しかしながら、これらのモデルでは物体と外部とを正確に区別して表現できないため用途は限定される。

【0003】これに対して、物体を表面だけではなく内部をも含めて表現しかつ外部との区別を正確に表現しようとするのがソリッドモデルである。このソリッドモデルを用いた物体の表現方法には、Boundary Representation (B-Reps) モデルと、Constructive Solid Geometry (CSG) モデルとがある。B-Reps モデルは、物体をこれと外部との境界面の組み合わせで表現するモデルである。図14は B-Reps モデルを用いた物体の表現方法を説明するための図である。図14において、物体1409を表現するためには、この物体1409と外部との境界面1401~1408を与えれば良い。

【0004】図15は、CSGモデルによる物体の表現を説明するための図である。図15において、物体1503を表現するためには、まず基本形状立体であるプリミティブ1501、1502を求め、次いでそれらの間に実行すべき集合演算式を求める。図15では、プリミティブ1501と1502の間で減算を行うことにより、物体1503を表現することができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ソリッドモデルを用いて物体を表現するには、上記いずれの方式でも組み合わせるべき境界面やプリミティブを求め、さらにそれらの間の演算式を求めることが必要である。従来は、人間が表現したい物体を考えながら境界面やプリミティブや演算式を手作業で入力・指定しなければならないために、極めて複雑な作業を強いられていた。

【0006】特に、機械部品のような物体は正投影図法による3面図(空間に互いに直交する3つの投影面を定義し、その投影面に物体の形状輪郭を平行投影した時に得られる図形、例えば、正面図、平面図、側面図)に描かれたものが従来から広く使われており、膨大な量の図面データが蓄積されてきている。これらの図面データをデータベース化し3次元CADシステムにおいて再利用したり編集・加工・解析するためには、物体を表現するソリッドモデルを生成することが必要になるが、これを人間が手作業で入力しようとすれば、膨大な労力が必要になり、実現は到底困難である。

【0007】正面図、平面図、側面図などの2次元の図形データを用いて、自動的にソリッドモデルを生成させる方法の一つとして、例えば特開昭62-202271に開示された方法がある。この方法では、互いに直交する3つの方向から見た第1、第2、第3の投影図を入力として、

投影図外形線を奥行き方向に投影して投影面を形成し外形線と投影線とで画定される閉図形を各面とする多面体を形成し、3つの投影図のそれぞれから得られる多面体を論理積処理して物体のソリッドモデルを得ようとするものである。

【0008】しかしながら、この方法では投影外形線を奥行き方向に投影した投影面と投影線とで画定される多面体しか用いないので、表現できる物体の形状が奥行き方向に掃引してできるものに限られ、このため、適用できる物体の形状が著しく限定されるという問題点がある。

【0009】他の方法として、例えば特開昭61-60173に示された方法がある。この方法によれば、物体を構成する3次元上の線分が複数の投影面に投影された時の投影図においてこの線分が投影面や座標軸に対して水平、垂直、斜めのいずれの2次元上の線分として表れるかの関係が予めテーブルに登録される。入力したい物体の投影図形を2次元上の線分データとして記憶しておき、この線分データの端点座標から投影面や座標軸に対して水平、垂直、斜めのいずれであるかを計算して、上記関係を登録しているテーブルを参照して3次元上の線分を求める。全ての2次元上の線分に対して上述の処理を順次行い、得られた3次元上の線分を用いて物体を表現する。

【0010】しかしながら、2次元上の線分と3次元上の線分とは必ずしも1対1に対応しないため、実際には存在しないはずの3次元上の線分が表れ、その結果物体にも実際には存在しないはずの虚の部分が表れる。従って、この虚の部分を除去する処理を行わなければ正しい物体を表現することができないという問題点がある。さらに、得られる結果は3次元上の線分であるから物体の稜線は表現できるが、物体の表面と内部までは表現できないので、ソリッドモデルを得るためには一旦得られたデータを再変換する必要がある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記従来の技術の問題点を解決するための本発明は、物体の形状を正面図、平面図、側面図などの3個の面図に描いた2次元図形データを入力する処理と、3個の各面図のそれぞれに含まれる線分から閉ループを検出する処理と、検出した閉ループを凸図形となるように補助線を付加する処理と、凸図形となした閉ループの特徴量を計算する処理と、各面図における上記閉ループの各々を対応付ける処理と、この対応付けた閉ループの組から基本形状立体を生成させる処理と、上記生成させた基本形状立体の集合演算を行う処理とを含んでいる。

【0012】

【作用】本発明によれば、正面図、平面図、側面図など3個の面図の2次元図形データを入力すれば、各面図における物体輪郭を表わした閉ループを検出しその特徴量

を計算し、各面図間で互に対応関係を持つ閉ループの組から基本形状立体であるプリミティブを生成し、プリミティブ間の集合演算の実行によって、2次元図形データとして表された3次元物体の形状を表現するソリッドモデルを、従来技術のように入力対象物体の形状に限定することなく、また虚の部分を生じたり一旦得られたデータを再変換したりすることなく、自動的に生成させることができる。本発明によって、既存の3面図に描かれた3次元物体の形状を自動的に計算機上にデータベース化できるので、3次元CADシステムに容易に入力することが可能となる。

【0013】

*【実施例】図1は、本発明の一実施例に係わる3次元図形データの生成方法を、各処理部に分解して示す概念図である。各処理部は、電子計算機上を走行する処理ルーチンや、専用のハードウェアなどによって実現される。

【0014】図1において、入力の対象とする物体の形状が、外形線と隠れ線とを主要要素とする正面図、平面図、側面図による2次元図形データとして2次元図形データ入力部101によって読み込まれる。

【0015】図2は2次元データ入力部101によって読み込まれる正面図の一例であり、図2に対応する2次元図形データの内容を表1に示す。

*

表1

2次元図形データの内容の一例

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
0	8	1	0	0, 50	25, 50	1	2	1	3
		2	0	0, 50	0, 25	1	1	2	4, 6
		3	0	25, 25	25, 25	1	1	2	4, 5
		4	1	0, 25	25, 25	2	2, 6	2	3, 5
		5	0	25, 25	50, 25	2	3, 4	1	7
		6	0	0, 25	0, 0	2	2, 4	1	8
		7	0	50, 25	50, 0	1	5	1	8
		8	0	0, 0	50, 0	1	6	1	7

【0016】ただし、

a: 面図の識別子 (0: 正面図、1: 平面図、2: 側面図)

b: この面図に含まれる線分の総数

c: 各線分の識別番号

d: 各線分の種類に関する識別子 (0: 外形線、1: 隠れ線)

e: 各線分の始点の座標

f: 各線分の終点の座標

g: 各線分の始点に接続する他の線分の総数

h: 各線分の始点に接続する他の線分の識別番号

i: 各線分の終点に接続する他の線分の総数

j: 各線分の終点に接続する他の線分の識別番号

【0017】このような2次元図形データは、2次元CADを用いて作成してもよいし、エディタを用いて電子計算機上にテキストファイルとして作成してもよい。あるいは、図面そのものをイメージスキャナ等の画像入力装置を用いて画像処理装置に入力し、外形線と隠れ線を

分離・抽出し、寸法値の認識をおこなって外形線と隠れ線の長さを自動判定することにより2次元図形データを生成することも可能である。

30 【0018】さらに、予め登録されている基本形状立体であるモデルプリミティブのラベルと、このモデルプリミティブの形状を表した正面図、平面図、側面図中の外形線と隠れ線とから構成されるモデルプリミティブ図形と、その幾何学的パラメータから成るモデルプリミティブデータが、図1のモデルプリミティブデータ入力部102によって読み込まれる。そのようなモデルプリミティブとしては、例えば、直方体、角柱、角錐、球、円柱、円錐、トロイダルなどが適している。

40 【0019】表2は、直角三角柱のモデルプリミティブデータを示す。モデルプリミティブ図形とは、モデルプリミティブの形状を正面図、平面図、側面図を用いて表現した時に、外形線と隠れ線から構成される図形のラベルである。

【0020】

表2
直角三角柱のモデルプリミティブデータ

a	b	c	d	e	f
1	直角三角柱	高さ 辺の 辺の 長さ 長さ	3	直角 長方形 長方形 三角形	直角 三角形
				直角 長方形 長方形 三角形 ×2	直角 三角形
				直角 長方形 長方形 三角形 ×2 ×2	直角 三角形

【0021】ただし、

- a : 識別番号
b : モデルプリミティブのラベル
c : 形状パラメータ
d : モデルプリミティブ図形の組み合わせの総数
e : モデルプリミティブ図形のラベルの組み合わせ
f : 特徴的なモデルプリミティブ図形のラベル

【0022】ここで、モデルプリミティブ図形について図3を用いて説明する。なお、正面図、平面図、側面図についてはその順序を考慮せずに、各面図に表れる図形の種類の組み合わせのみに注目する。

【0023】図3において、直角三角柱301 については、

- A. いずれか1つの面図に1つの直角三角形が表れ、他の2つの面図にそれぞれ1つずつの長方形が表れる場合（正面図302，平面図303，側面図304 の組を参照）
B. いずれか1つの面図に1つの直角三角形が表れ、他の2つの面図に互いに一边を共有する2個の長方形が表れる場合（正面図305，平面図306，側面図307 の組を参照）

*C. いずれか1つの面図に1つの直角三角形が表れ、いずれか1つの面図に1つの長方形が表れ、かついずれか1つの面図に互いに一边を共有する2個の長方形が表れる場合（正面図308，平面図309，側面図310 の組を参照）

20 の3つの異なる組み合わせが考えられる。

【0024】これらの組み合わせにおける、直角三角形や長方形という図形の名称をモデルプリミティブ図形のラベルと称する。幾何学的なパラメータは、直角三角柱の形状を一意に決定するために用いられるものであり、例えば、高さと、直角三角形の直交する2辺の長さである。

【0025】図1の正面図データ検索部103 では、2次元図形データ入力部101 から入力された2次元図形データの内容が検査され、正面図のデータのみが抽出され、正面図閉ループ特徴量計算部106 に送られる。正面図特徴量計算部106 では、表3に示す閉ループ特徴量が全ての閉ループについて計算される。

【0026】

*

表3
閉ループ特徴量の一例

a	b	c	d	e	f	g
1	0,50	0,50	凸	正方形	1	+

【0027】ただし、

- a : 識別番号
b : 面図内横軸座標の最大値，最小値
c : 面図内縦軸座標の最大値，最小値
d : 凹凸判定結果
e : 形状判定結果
f : 再帰深さ
g : 属性

【0028】平面図と側面図についても、正面図と同様

の処理が実行される。なお、正面図閉ループ特徴量計算部106 については後に詳細に説明する。図1の面図間対応処理部109 においては、各面図の閉ループ特徴量に基づき互に対応関係を持つ閉ループの組が抽出される。図4は、各面図に表れる閉ループ間の対応付けの方法を説明するための図である。

【0029】図4において、401 は正面図、402 は平面図、403 は側面図である。404,405,406 は各面図に含まれる閉ループの1つである。閉ループ404,405,406 が対

応付けられるための条件は、例えば閉ループ404のX軸座標の存在範囲と閉ループ405のX軸座標の存在範囲とが一致し、閉ループ405のZ軸座標の存在範囲と閉ループ406のZ軸座標の存在範囲とが一致し、かつ閉ループ406のY軸座標の存在範囲と閉ループ404のY軸座標の存在範囲が一致することである。この条件を満たすかどうかは、例えば閉ループ404～406に関して表3に示した面図内座標値の最小・最大値が等しいかどうかを調べることによって判定できる。

【0030】図1の候補プリミティブ生成部110では、*10

表4

a	b	c	d	e	f	g
1	立方体	0.5,0.5,0.5	0.0,0.0,0.25	0.0,0.0,0.0	1	+

ただし、

a: 識別番号
ラメータ

b: ラベル

c: 大きさのパラメータ

d 位置のパ

e 再帰深さ

f 属性

【0032】図1の集合演算処理部111では、候補プリミティブのソリッドモデルとその属性とに基づき3次元空間内での立体の集合演算が実行される。候補プリミティブどうしの集合演算は、表4に示した候補プリミティブの再帰深さの深い順に、属性の値に応じて定まる演算式に基づき実行される。

【0033】集合演算処理部111の演算結果がソリッドモデル生成部112によって取り込まれ、最終的結果である入力対象の物体の形状を表現するソリッドモデルが生成され、TVモニタの画面に表示されたり、データ蓄積装置にソリッドモデルとして蓄積される。さらに、得られたソリッドモデルが3次元CADシステムに入力することにより、陰影をつけたり隠面を消去したりしてグラフィック表示を行ったり、形状の加工や編集を行うことが可能となる。

【0034】ここで、図1の正面図閉ループ特徴量計算部106の処理について図5を参照しながら詳細に説明する。なお、平面図閉ループ特徴量計算部107と側面図特徴量計算部108は、入力データと出力データが異なる点を除けば構成と処理の内容が正面図閉ループ特徴量計算部106と同一であるため、正面図閉ループ特徴量計算部106の説明によって各面図特徴量計算部についての説明を代表する。

【0035】図5の最外周閉ループ検出部501によって、処理対象の正面図の2次元図形データを構成する表1に示したような外形線と隠れ線の端点座標や接続関係に基づき、最も外側に存在する閉ループの検出が行われる。この閉ループの検出は、例えば、線分の接続関係を辿って探索木を生成し、深さ優先の探索によって探索を

*面図間対応処理部109において抽出された閉ループの組み合わせの各々について、モデルプリミティブデータとの照合が行われ、照合のとれた組み合わせが候補プリミティブとして保存され、照合のとれなかったものについては廃棄される。そして、候補プリミティブについては表4に示す候補プリミティブデータが生成される。なお、表4のデータの中で候補プリミティブの再帰深さと属性を決定する方法については後に詳述する。

【0031】

開始した線分の端点に戻った時に既に辿られた線分の端点を抜き出す方法が用いられればよい。もちろん他の適宜な方法を用いることができる。また最外周であるかどうかは、例えばその閉ループの面図内座標の最小・最大値が元の2次元図形データにおける面図内座標の最小値・最大値に等しくかつ面積が最大となるものを各閉ループについて調べることによって容易に決定できる。

【0036】このようにして検出された最外周の閉ループの凹凸が、最外周閉ループ凹凸判定部502によって判定される。凹凸の判定方法としては、例えば、閉ループを構成する2端点を結んだ任意の線分が全て閉ループの内部に存在すればその閉ループは凸であり、その他の場合は凹であると判定する方法がある。もちろん他の適宜な方法を用いることができる。

【0037】最外周閉ループが凸と判定された場合は、次の最外周閉ループ形状判定部512において、この最外周閉ループの形状がモデルプリミティブ図形であるかどうかの判定が行われる。例えば、直角三角形であるかを判定するには、閉ループ内に線分が3つ以上存在し、互いに平行でない3つの直線上に線分の組が存在し、かつ端点を共有する線分の1組が直交するかどうかを判定すれば良い。その他にも、閉ループの形状特徴量である面積や周囲長などを用いてより複雑な形状を判定する適宜な方法を用いることが可能である。

【0038】当該最外周閉ループが形状判定可能と判定された場合には、元の2次元図形データがそのまま保持され、閉ループ検出部504に入力される。当該最外周閉ループが形状判定不可と判定された場合や、最外周閉ループ凹凸判定部502によって最外周閉ループが凹であると判定された場合は、最外周閉ループ補助線生成部503において最外周閉ループが凸となるように補助線が生成され、この生成された補助線が元の2次元図形データに付加された新たな2次元図形データが生成され閉ループ検出部504に入力される。

【0039】図6は、上記補助線生成部503による補助線の生成方法を説明するための図である。図6において、閉ループ601を構成する線分データの端点座標から座標値が最大又は最小となる端点とその座標軸が求められ、閉ループ601を包含しかつ各辺が面図内座標軸に平行又は垂直となるような外接長方形が生成される。この処理によって新たに生成された線分が補助線602、603であり、これらの補助線602、603が交差する点が端点604である。このように補助線生成部503で生成される新たな2次元図形データ、すなわち補助線602、603と端点604は、対象とする物体に本来属していないものである。これに対して、外形線と隠れ線は対象とする物体に属しているものである。

【0040】図5の閉ループ検出部504では、2次元図形データから全ての閉ループの検出が行われる。この閉ループの検出は、前述した最外周閉ループの検出方法と同様に行われる。また、検出された閉ループが既に検出済みの閉ループと重複する場合にはその閉ループが閉ループ廃棄処理部509に送られる。

【0041】図5の特徴量初期設定部505では、検出された全ての閉ループについて特徴量の初期設定が行われる。すなわち、表3中の再帰深さが0に初期化され、正面図内2次元座標の最大値・最小値が計算される。

【0042】検出された閉ループの凹凸が凹凸判定部506によって判定される。この凹凸の判定は、前述の最外周閉ループの判定方法と同様の方法によって行われる。形状判定部507では、凹凸判定部506で凸と判定された閉ループについて、この閉ループを構成する線分の端点座標に基づき予め登録されているモデルプリミティブ図形に一致するか否かの判定が行われる。この形状の判定は、前述の最外周閉ループの判定方法と同様にして行われる。特徴量計算部508では、形状判定部507が形状判定可能と判定した閉ループに対して、属性と面図内2次元座標の最大値・最小値が計算される。

【0043】閉ループ特徴量に含まれる属性の計算方法については後に詳しく説明する。閉ループ廃棄処理部509においては、形状判定部507において形状判定が不可能であると判定された閉ループと、閉ループ検出部504において重複して検出された閉ループは廃棄され、以降の処理対象から除外される。

【0044】補助線生成部510では、凹凸判定部506により凹であると判定された閉ループに対し、この閉ループが凸になるようにこの閉ループを構成する2次元図形データに補助線が付加される。この補助線を付加する処理は、前述した最外周閉ループ補助線生成部503の処理と同様である。

【0045】再帰処理制御部511は、補助線生成部510で補助線が付加された2次元図形データのみを対象に、閉ループ検出部504、特徴量初期設定部505、凹凸判定部506、形状判定部507、特徴量計算部508、閉ループ

廃棄処理部509及び補助線生成部510の一連の処理を再帰的に反復させると共に、処理対象の閉ループに対し補助線生成部510の処理が実行されるたびに表3に示すこの閉ループの再帰深さを単位量1だけ増加させる。この再帰深さは、後に詳述するように、面図間では対応付けられる閉ループどうしの属性を再計算するためと、集合演算処理における候補プリミティブの演算順序を決定するために用いられる。

【0046】ここで、凹凸判定部506と形状判定部507で凸でかつ形状判定が可能であると判定された閉ループについて、閉ループ特徴量計算部508で行われる属性の設定方法を説明する。本発明における閉ループとは、物体の形状輪郭を互いに直交する3つの投影面に対して平行投影した時に得られる、物体とこれ以外の空間とを区別する面の輪郭線の集合をいう。この閉ループを構成する外形線は、物体に対して投影面と反対側に置いた視点から直接見ることのできる面の輪郭線であり、隠れ線は上記視点から直接には見ることのできない面の輪郭線である。

【0047】ところで、CSGモデルを用いた物体の3次元形状の表現方法は、対象とする形状の物体であるオブジェクトを、より簡単な形状の物体であるプリミティブの集合で表現する方法である。従って、オブジェクトの形状にはプリミティブの形状の全体か一部分が必ず現れているから、オブジェクトの形状をある投影面に平行投影した時に得られるオブジェクトの面の輪郭線、すなわち外形線と隠れ線とから構成される閉ループは、プリミティブの面の全体もしくは一部分の輪郭線となる。

【0048】CSGモデルにおいてプリミティブの集合演算からオブジェクトを構成するには、各プリミティブがこの集合演算において加算対象となる「+」の属性を有するか、減算対象となる「-」の属性を有するかを決定しなければならない。本発明は、オブジェクトの形状輪郭を投影面に投影して得られる図形中の閉ループの属性から各プリミティブの属性を自動的に求める方法を含んでおり、その原理を以下に詳細に説明する。

【0049】まず、閉ループについて「+」、「-」の属性を考える。閉ループについての「+」の属性とは、1つの面図においてこの閉ループを面の輪郭線として持つプリミティブが「+」の属性を持つ、すなわちこのプリミティブが物体に属すると判断できることを意味する。また、閉ループに関する「-」は、1つの面図においてこの閉ループを面の輪郭線として持つプリミティブが「-」の属性を持つ、すなわちこのプリミティブが物体に属しないと判断できることを意味する。

【0050】さらに、1つの面図だけでは「+」とも「-」とも判断できない場合がある点を考慮して、「0」という第3の属性を考える。その理由は、本来3次元の情報量を持つ形状データが2次元の投影面に投影されることによって2次元に縮退し情報量を失うことが

あるからである。図7は、そのような3次元の形状情報が2次元に縮退する例を説明するための図である。図7において、701の図形だけが与えられている場合、物体の3次元形状としては702, 703, 704の形状が推測されるだけでなく、702と704のように凹凸が逆になる形状さえ推測されることがある。

【0051】閉ループの属性を設定するために、製図規則に加えて、外形線と隠れ線は物体に属すが補助線は物体に属さないという性質を利用して、次のような属性設定規則を設定する。この属性設定規則は、各再帰深さにおいて、

1. 最外周の閉ループについては属性「+」を設定し、
2. 最外周の閉ループ以外の閉ループであって、
 - 2-1. 補助線を一部に含むものについては属性「-」を設定し、
 - 2-2. 隠れ線を一辺に持ち、かつこの隠れ線がこの閉ループを包含する最外周閉ループに包含される外形線と端点を共有するものについては属性「+」を設定し、
 - 2-2. 前記2-1.にも2-2.にも該当しないものに*

$$i < j$$

$$i < k$$

であれば、正面図の閉ループの再帰深さ*i*を基準値とし、平面図、側面図に含まれる閉ループの属性*t*、*u*を、上記再帰深さの基準値*i*と当該閉ループの再帰深さ※

$$t' = t \cdot (-1)^{j-i}$$

$$u' = u \cdot (-1)^{k-i}$$

この計算により、例えば属性*t*が「+」でありかつ(*j* - *i*)が奇数であれば属性*t'*は「-」となる。属性*t*が「0」でありかつ(*j* - *i*)が奇数であれば属性*t'*を「0」となる。

★30 【0057】

表5

閉ループの属性から候補プリミティブの属性を計算する方法

組を構成する各閉ループの属性			候補プリミティブの属性
0	0	0	-
-	-	-	-
+	+	+	+
0	0	-	-
0	0	+	+
-	-	0	-
-	-	+	+
+	+	0	+
+	+	-	+
0	-	+	-

【0058】さらに、候補プリミティブにも再帰深さを考え、この候補プリミティブを構成する閉ループの再帰深さの最大値をこの候補プリミティブの再帰深さとして

*については属性「0」する。

これらの属性設定規則を適用することにより、閉ループの属性を一意に設定することができる。

【0052】次いで、図1の面図間対応処理部109において対応付けを行うことができた閉ループの組と、この組を構成する各閉ループの属性とを用いて、候補プリミティブの属性を決定する方法について詳しく説明する。

【0053】候補プリミティブを生成できた閉ループの組について、この組を構成する各閉ループの再帰深さを比較する。この比較の結果、再帰深さが全て等しい値であれば閉ループの属性としてそのままの値を保持させる。再帰深さの中で一つでも異なる値のものがあれば、最も小さい値の再帰深さを基準とし、次に述べるような方法を用いて閉ループの属性の再計算を行う。

【0054】ゼロ以上の整数*i*、*j*、*k*をそれぞれ正面図、平面図、側面図の対応する閉ループの再帰深さであるとし、*s*、*t*、*u*をそれぞれの閉ループの属性であるとする。

$$(1)$$

$$(2)$$

※*j*、*k*との差を用いて次のような属性*t'*、*u'*に変更する。

【0055】

$$(3)$$

$$(4)$$

★【0056】さらに、候補プリミティブの属性を変更後の閉ループの属性である*s*、*t'*、*u'*を用いて表5のように計算する。

【0057】

表5

閉ループの属性から候補プリミティブの属性を計算する方法

組を構成する各閉ループの属性			候補プリミティブの属性
0	0	0	-
-	-	-	-
+	+	+	+
0	0	-	-
0	0	+	+
-	-	0	-
-	-	+	+
+	+	0	+
+	+	-	+
0	-	+	-

設定する。

【0059】次に、具体的な物体の3面図に適用した場合を例にとって、説明を補足する。まず、最初の具体例

を図 8、図 9 及び図 10 を用いて説明する。なお、図 8 において、depth は点線で囲んだ閉ループの再帰深さを表している。

【0060】正面図801 について、これを構成する 2 次元図形データである外形線に基づきまず、最外周閉ループ検出部501 により最外周の閉ループ804 が検出される。この最外周の閉ループ804 は長方形であるから、最外周閉ループ凹凸判定部502 において凸と判定される。また、この長方形は形状判定が可能であるため、正面図801 の 2 次元図形データは、最外周閉ループ形状判定部512 により長方形の判定を受けてそのまま閉ループ検出部504 に入力される。この閉ループ検出部504 において、全ての閉ループ804, 805, 806 が検出され、各閉ループの再帰深さ depth が初期値 0 に設定される。

【0061】凹凸判定部506 において閉ループ804 は凸と判定され、閉ループ805, 806 は凹と判定される。凸と判定された閉ループ804 は、形状判定部507 において長方形と判定され、特徴量計算部508 において表 3 に示す特徴量が計算される。計算される特徴量のうち属性については、この閉ループ804 が再帰深さ 0 における最外周の閉ループであるため、前述した属性設定の規則 1. に基づき「+」の属性が設定される。

【0062】凹と判定された閉ループ805, 806 については、補助線生成部510 で補助線850~854 が生成され、閉ループ805 の 2 次元図形データに補助線850 が付加され、閉ループ806 の 2 次元図形データには補助線851 ~ 854 が付加される。再帰処理制御部511 では、補助線が付加された各閉ループの再帰深さ depth が初期値 0 から単位量だけ増加されて 1 となり、閉ループ検出部504 以降の処理が再帰的に反復される。

【0063】その結果、閉ループ検出部504 において、閉ループ805 に補助線850 が付加された長方形から閉ループ807 と 808 が検出され、閉ループ806 に補助線851 ~ 854 が付加された長方形から閉ループ809, 810, 811 が検出される。閉ループ807, 808 と閉ループ809 ~ 811 は、いずれも凹凸判定部506 において凸と判定され、形状判定部507 においていずれも長方形と判定され、特徴量計算部508 において表 3 に示すような特徴量が計算される。

【0064】計算される各特徴量のうち属性については、閉ループ807 は再帰深さ 1 における最外周の閉ループに該当するため、属性設定規則 1. に基づき属性「+」が設定される。閉ループ808 については、これが再帰深さ 1 における最外周の閉ループに該当せずかつ補助線を一部に持つため、属性設定規則 2-1. に基づき属性「-」が設定される。以下同様にして、閉ループ809 については、これが再帰深さ 1 における最外周の閉ループに該当するため、属性設定規則 1. に基づき属性「+」が設定され、閉ループ810, 811 については、いずれも再帰深さ 1 における最外周の閉ループに該当せずかつ

補助線を一部に持つため、属性設定規則 2-1 に基づきいずれも属性「-」が設定される。

【0065】図 8 の平面図802 については、これを構成する 2 次元図形データの外形線から、まず最外周閉ループ検出部501 において最外周の閉ループ812 が検出される。この最外周の閉ループ812 は長方形であるから、最外周凹凸判定部502 において凸と判定され、この平面図802 の 2 次元図形データは最外周閉ループ形状判定部512 を経てそのまま閉ループ検出部504 に入力され、ここで全ての閉ループ812~825 が検出され、各閉ループの再帰深さ depth が初期値 0 に設定される。

【0066】凹凸判定部506 において、閉ループ812 ~ 819 は凸と判定され、閉ループ820~825 は凹と判定される。凸と判定された閉ループ812 ~ 819 は、形状判定部507 において長方形と判定され、特徴量計算部において表 3 に示すような特徴量が計算される。この算定される特徴のうち属性に関しては、閉ループ812 は再帰深さ 0 における最外周の閉ループであるため属性設定規則 1. に基づき属性「+」が設定される。閉ループ813 ~ 819 については、これらが全て再帰深さ 0 における最外周の閉ループ812 に該当せずかつ外形線のみで構成されているため、属性設定規則 2-3. に基づき属性「0」が設定される。

【0067】一方、凹と判定された閉ループ820 ~ 825 については、補助線生成部510 において補助線が生成・付加され、再帰処理制御部511 において再帰深さ depth が初期値 0 から 1 に歩進され、閉ループ検出部504 以降の処理が再帰的に反復される。その結果、閉ループ検出部504 において、閉ループ820 ~ 825 と、既に検出済みの閉ループ814 ~ 819 と同一の閉ループのそれぞれが検出される。すなわち、例えば、閉ループ820 に補助線が付加された凸状の閉ループについて検出が反復されると、閉ループ820 自身と、閉ループ814, 816 と同一の閉ループが検出される。これらの閉ループは、既に検出済みの閉ループ820, 814, 816 と重複する。この検出の重複は、閉ループ821 ~ 825 と同一の閉ループについても同様である。このため、閉ループ廃棄処理部509 において、全ての閉ループ820 ~ 825 が廃棄され、処理対象から除外される。

【0068】側面図803 については、これを構成する 2 次元図形データの外形線から、まず、最外周閉ループ検出部501 において最外周の閉ループが検出され、この最外周の閉ループは最外周閉ループ凹凸判定部502 において凹と判定される。このため、最外周閉ループ補助線生成部503 において補助線855, 856 が生成・付加された 2 次元図形データが、閉ループ検出部504 に入力される。

【0069】閉ループ検出部504 においては、全ての閉ループ826 ~ 831 が検出され、各閉ループの再帰深さ depth が初期値 0 に設定される。検出された閉ループのうち826 ~ 829 については、いずれも凹凸判定部506 で

凸と判定され、形状判定部507で長方形と判定され、特徴量計算部508で表3に示すような特徴量が計算される。計算される特徴量のうち属性については、閉ループ826は再帰深さ0における最外周の閉ループに該当するから属性設定規則1.に基づき属性「+」が設定される。

【0070】閉ループ827と829については、いずれも再帰深さ0における最外周の閉ループ826に該当せずかつ補助線を一部に持つため、属性設定規則2-1.に基づき属性「-」が設定され、閉ループ828については最外周の閉ループ826に該当せずかつ外形線のみで構成されているので属性設定規則2-3.に基づき属性「0」が設定される。

【0071】一方、閉ループ830と831は凹であるため補助線生成部510で補助線が生成・付加され、再帰処理制御部511において再帰深さ depth が初期値0から1に歩進され閉ループ検出部504以降の各処理が再帰的に反復される。その結果、閉ループ検出部504において、閉ループ830～831と、既に検出済みの閉ループ827と829と同一の閉ループが検出される。例えば、閉ループ8*20

*30に補助線を付加した凸状の閉ループについて実行される閉ループ検出により、閉ループ830自身と、検出済みの閉ループ829と同一の閉ループが検出される。これらはいずれも検出済みの閉ループと重複する。この閉ループの重複検出は、閉ループ831についても同様である。従って、閉ループ830と831は閉ループ廃棄処理部509において廃棄され、処理対象から除外される。

【0072】上述のような各面図に対する処理を経て、最終的には、正面図801からは閉ループ804と807～811が、平面図802からは閉ループ812～819が、側面図803からは閉ループ826～829がそれぞれ検出されると共にこれらの閉ループについての特徴量が計算される。

【0073】図9は、図8に示した正面図、平面図、側面図から検出された閉ループに対して、図1の面図間対応処理部109において実行される面図間の対応付けを説明するための図である。図8に例示した検出済みの各閉ループ間と図9中の各閉ループとの対応関係を表6に示す。

【0074】

表6

図9の閉ループ	図8の閉ループ
901	804
902	807
903	808
904	812
905	817
906	815
907	826
908	829
909	828

【0075】面図間対応処理部109において、図9に示す閉ループ901～909の特徴量に含まれる面図内座標の最大・最小値が比較され、閉ループの組〔901, 904, 907〕と、閉ループの組〔902, 905, 908〕と、閉ループの組〔903, 906, 909〕とにそれぞれ対応付けされる。対応付けられた閉ループの組の属性は、閉ループの組〔901, 904, 907〕については個々の閉ループの再帰深さがいずれも0であるため、そのままの属性が保持される。

【0076】閉ループの組〔902, 905, 908〕については、閉ループ902のみが再帰深さが1でありその他は0であるため、閉ループ902の属性は元の値「+」が反転されて「-」となり、他の閉ループ905, 908の属性は元の値が保持される。閉ループの組〔903, 906, 909〕については、閉ループ903のみが再帰深さが1でありその他は0であるため、閉ループ903の属性は元の値「-」が反転されて「+」となり、他の閉ループ906, 909の属性

は元の値を保持する。

【0077】図9に示すように対応付けられた閉ループの組について、個々の閉ループの形状データがモデルプリミティブ図形のラベルや形状パラメータと照合され、この照合結果に基づき候補プリミティブが生成される。図1のソリッドモデル生成部112では、この生成された候補プリミティブのソリッドモデルの集合演算に基づき、入力対象物体の形状を表現するソリッドモデルが生成される。

【0078】図10は、図9に示した対応付けの結果得られた候補プリミティブのソリッドモデルからソリッドモデルを生成させる方法を説明するための図である。図10において、候補プリミティブ1001は図9に示した閉ループの組〔901, 904, 907〕と、個々の閉ループの形状と面図内座標値とに基づき生成した直方体のモデルプリミティブであり、このプリミティブモデルは3つの長方

形をモデルプリミティブ図形のラベルとして有している。

【0079】候補プリミティブ1001の各稜線の長さは閉ループの長方形の一辺の長さに等しく、各頂点の3次元空間での位置座標は、対応する閉ループの頂点の面図内座標を当該3次元空間の座標に展開して得られる。同様に、候補プリミティブ1002は図9に示した閉ループの組

【902, 905, 908】と、各閉ループの形状と面図内座標値に基づき生成した直方体のモデルプリミティブであり、候補プリミティブ1003は、図9に示した閉ループの組

【903, 906, 909】と、各閉ループの形状と面図内座標

10

* 【0081】

表7

A	B	C	D			E	F
1001	901, 904, 907	直方体	+	+	+	+	0
1002	902, 905, 908	直方体	-	0	-	-	1
1003	903, 906, 909	直方体	+	0	+	+	1

【0082】ただし

A: 図10の候補プリミティブの番号

B: 図9の閉ループの番号

C: 図10の候補プリミティブのラベル

D: 図9の閉ループの属性

E: 図10の候補プリミティブの属性

F: 図10の候補プリミティブの再帰深さ

【0083】その結果、候補プリミティブ1001に対しては「+」、1002に対しては「-」、1003に対しては「+」の属性がそれぞれ設定される。図1の集合演算処理部111では、候補プリミティブの集合演算が再帰深さの大きなものから小さな順に実行される。すなわち、まず、再帰深さが1の候補プリミティブ1002と1003どうしの空間的な集合演算が行われ、その中間結果として属性「-」を持つソリッドモデル1004が生成される。次に、このソリッドモデル1004と再帰深さが0の候補プリミティブ1001との間の空間的な集合演算が実行され、最終的なソリッドモデル1005が生成される。

【0084】このソリッドモデル1005を3面図に描いた図形は、図8に示す正面図、平面図、側面図に一致する。すなわち、図8の正面図、平面図、側面図の2次元図形データから、本発明の方法に従って対象物体の正しい3次元形状を表現するソリッドモデルを自動的に生成させることができる。

【0085】本発明の他の具体例を図11、図12及び図13を用いて説明する。なお、図11において、depthは点線で囲んだ閉ループの再帰深さを表している。正面図1101については、これを構成する2次元図形データの外形線から、まず最外周閉ループ検出部501において最外周の閉ループが検出され、最外周閉ループ凹凸判定部502において凹と判定される。従って、この最外周の

*値とに基づき生成した直方体のモデルプリミティブである。

【0080】各候補プリミティブの稜線の長さは個々の閉ループの長方形の一辺の長さに等しく、各頂点の3次元空間での位置座標は、対応する閉ループの頂点の面図内座標を当該3次元空間の座標に展開して得られることも候補プリミティブ1001の場合と同様である。さらに各候補プリミティブの属性は、図9に示した閉ループの属性、すなわち図8に示した閉ループの属性と表5に示す属性の設定規則に基づき表7のように求められる。

* 【0081】

20 閉ループについては最外周閉ループ補助線生成部503において、この最外周閉ループを囲む外接長方形を生成することにより補助線1151が生成され、付加される。

【0086】補助線1151が付加された正面図1101の2次元図形データが閉ループ検出部504に入力され、ここで全ての閉ループ1104~1116が検出され、特徴量初期設定部505において各閉ループの再帰深さ depth が初期値0に設定される。凹凸判定部506において、閉ループ1104~1110は凸と判定され、閉ループ1111~1116は凹と判定される。

30 【0087】凸と判定された閉ループ1104~1108のそれぞれは、形状判定部507において同順に長方形、長方形、三角形、台形及び三角形と判定され、特徴量計算部508において表3に示すような特徴量が計算される。計算される各特徴量のうち属性に関して説明すれば、閉ループ1104についてはこれが再帰深さ0における最外周の閉ループであるから属性設定規則1.に基づき属性「+」が設定される。

40 【0088】閉ループ1105, 1106, 1108については、これらが最外周の閉ループ1104に該当せずかつ補助線を一部に持つため、属性設定規則2-1.に基づき属性「-」が設定される。閉ループ1107については、これが最外周の閉ループ1104に該当せずかつこれらを含む最外周の閉ループに包含される外形線と端点を共有する隠れ線を持つため、属性設定規則2-2.に基づき属性「+」が設定される。

50 【0089】閉ループ1109と1110については、これらがモデルプリミティブ図形として登録されていないため、形状判定部507において形状判定不可の判定が行われ、閉ループ廃棄処理部509に送られて廃棄される。閉ループ1111~1116については、いずれも凹であるため補助線

生成部510において補助線が生成・付加され、再帰処理制御部511を経て閉ループ1111~1116の閉ループ検出部504以降の処理が再帰的に反復される。これらの閉ループのうち1111~1114については、自身も含めて既に検出済みの閉ループと重複して検出されるため、閉ループ廃棄処理部509において処理対象から除外される。

【0090】一方、閉ループ1115と1116については、補助線1152、1153と1154~1157が生成・付加され、再帰深さ depth が初期値0から1に歩進され、閉ループ検出部504以降の処理が再帰的に反復される。その結果、閉ループ検出部504において、閉ループ1115に補助線1152と1153が付加された凸状の閉ループから閉ループ1117と1118が検出され、閉ループ1116に補助線1154~1157が付加された凸状の閉ループから閉ループ1119~1121が検出される。閉ループ1117、1118と閉ループ1119~1121は、いずれも凹凸判定部506では凸と判定される。形状判定部507では、閉ループ1117、1119、1120はいずれも長方形と判定され、閉ループ1118と1121はいずれも三角形と判定され、各閉ループについて特徴量計算部508において表3に示すような内容の特徴量が計算される。

【0091】計算される特徴量のうち属性に関して説明すれば、閉ループ1117と1119については、これらががいずれも再帰深さ1における最外周の閉ループであるため属性設定規則1.に基づき属性「+」が設定される。また、閉ループ1118、1120、1121については、これらががいずれも最外周の閉ループに該当せずかつ補助線を一部に持つため、属性設定規則2-1.に基づき属性「-」が設定される。

【0092】図11の平面図1102については、これを構成する2次元図形データの外形線から、まず最外周閉ループ検出部501において最外周の閉ループ1122が検出され、この最外周の閉ループ1122が長方形であるため、最外周閉ループ凹凸判定部502において凸と判定される。従って、平面図1102の2次元図形データはそのまま閉ループ検出部504に入力され、ここで全ての閉ループ1122~1134が検出され、特徴量初期設定部505において各閉ループの再帰深さ depth が初期値0に設定される。

【0093】閉ループ1122~1134のうち1122~1128は凹凸判定部506で凸と判定され、閉ループ1129~1134は凹と判定される。凸と判定された閉ループ1122~1128は形状判定部507でそれぞれ長方形と判定され、特徴量計算部508において表3に示すような特徴量が計算される。計算される特徴量のうち属性に関して説明すれば、閉ループ1122については、これが再帰深さ0における最外周の閉ループに該当するため、属性設定規則1.に基づき属性「+」が設定される。閉ループ1123~1128については、これらが全て最外周の閉ループ1122に該当せずかつ外形線のみで構成されるため、属性設定規則2-3.に基づき属性「0」が設定される。

【0094】一方、凹と判定された閉ループ1129~1134

については、補助線生成部510で補助線が生成・付加され、再帰深さ depth が再帰処理制御部511で初期値0から1に歩進され、閉ループ検出部504以降の処理が再帰的に反復される。その結果、閉ループ1129~1133については、自身と既に検出済みの閉ループ1123~1128と同一の閉ループがそれぞれ検出される。このため、閉ループ廃棄処理部509において閉ループ1129~1133は廃棄され、処理対象から除外される。

【0095】一方、閉ループ1134については、補助線1158と1159が生成・付加され、再帰深さ depth が初期値0から1に歩進され、閉ループ検出部504以降の処理が再帰的に反復される。その結果、閉ループ1135と1136が検出され、閉ループ特徴量計算部508において表3に示すような特徴量が計算される。計算される特徴量のうち属性について説明すれば、閉ループ1135は再帰深さ1における最外周の閉ループに該当するため、属性設定規則1.に基づき属性「+」が設定され、閉ループ1136については、これが最外周の閉ループに該当せずかつ補助線を一部に持つため、属性設定規則2-1.に基づき属性「-」が設定される。

【0096】側面図1103については、これを構成する2次元図形データの外形線と隠れ線から、最外周閉ループ検出部501において最外周の閉ループ1137が検出される。この検出された最外周の閉ループ1137は最外周閉ループ凹凸判定部502において凸と判定され、そのまま閉ループ検出部504に入力される。閉ループ検出部504では全ての閉ループ1137~1143が検出され、各閉ループの再帰深さ depth が初期値0に設定される。閉ループ1137~1143のうち閉ループ1137~1141については、凹凸判定部506でいずれも凸と判定され、形状判定部507でいずれも長方形と判定され、閉ループ特徴量計算部508において表3に示すような特徴量が計算される。

【0097】計算される特徴量のうち属性について説明すれば、閉ループ1137については、これが再帰深さ0における最外周の閉ループに該当するため、属性設定規則1.に基づき属性「+」が設定される。また、閉ループ1139については、これが最外周の閉ループに該当せずかつ外形線のみから成るため属性設定規則2-3.に基づき属性「0」が決定され、閉ループ1140と1141については、これが最外周の閉ループに該当せずかつ隠れ線を辺の一部として持つもののこの隠れ線が辺の一部に過ぎないため、属性設定規則2-3.に基づき属性「0」が設定される。閉ループ1138については、これが最外周の閉ループ1137に該当せず、隠れ線を一辺にもち、かつ、この隠れ線が最外周の閉ループ1137に包含される外形線と端点を共有するため、属性設定規則2-2に基づき属性「+」が設定される。

【0098】一方、閉ループ1142、1143は凹であるため、補助線生成部510において補助線が生成・付加され、再帰深さ depth が初期値0から1に歩進され、閉ル

ープ検出部504以降の処理が再帰的に反復される。その結果、閉ループ検出部504においては閉ループ1142, 1143自身と既に検出済みの閉ループ1138, 1139と同一の閉ループがそれぞれ検出され、これらはいずれも検出済みの閉ループと重複するため、閉ループ廃棄処理部509において閉ループ1142, 1143が廃棄される。

【0099】最終的には、正面図1101からは閉ループ1104~1108と1117~1121が、平面図1102からは閉ループ1122~1128, 1135, 1136が、側面図1103からは閉ループ11*

*37~1141がそれぞれ検出され、それぞれについて特徴量が計算される。

【0100】図12は、図11に示した正面図、平面図、側面図から得られる閉ループについて、図1の面図間対応処理部109において実行される面図間の対応付けを説明するための図である。図12において、図11の閉ループに対する図12の閉ループの関係を表8に示すようなものとなる。

【0101】

表8

図12の閉ループ	図13の閉ループ
1201	1104
1202	1105
1203	1108
1204	1122
1205	1127
1205	1125
1207	1137
1208	1138
1209	1139

【0102】図12において、閉ループ1201~1209の特徴量の中で面図内座標の最大・最小値を比較することにより面図間対応処理部において、閉ループの組〔1201, 1204, 1207〕と、閉ループの組〔1202, 1205, 1208〕と、閉ループの組〔1203, 1206, 1209〕が対応付けられる。対応付けられた各閉ループの組の属性については、これら全ての閉ループの組において個々の閉ループの再帰深さがいずれも等しい(0)ため、そのままの値が保持される。

【0103】図12に示すように対応付けられた閉ループの組から、それぞれの閉ループの形状データをモデルプリミティブ図形のラベルや形状パラメータと照合することにより候補プリミティブが生成され、候補プリミティブのソリッドモデルの集合演算によって入力対象物体の形状を表現するソリッドモデルが生成される。

【0104】図13は、図12に示した対応結果から得られる候補プリミティブのソリッドモデルから入力対象物体のソリッドモデルを生成させる方法を説明するための図である。図13において、候補プリミティブ1301は、図12における閉ループの組〔1201, 1204, 1207〕と個々の各閉ループの形状と面図内座標値とに基づき生成された、3つの長方形をモデルプリミティブ図形のラベルとしてもつ直方体のモデルプリミティブである。

【0105】各稜線の長さは閉ループの長方形の一辺の長さに等しく、各頂点の3次元空間での位置座標は、対応する閉ループの頂点の面図内座標を当該3次元空間の座標に展開して得られる。同様に、候補プリミティブ1302は、図12における閉ループの組〔1202, 1205, 1208〕の組み合わせと各閉ループの形状と面図内座標値に基づき生成される3つの長方形をモデルプリミティブ図形のラベルとしてもつ直方体のモデルプリミティブである。

【0106】候補プリミティブ1304は、図12における閉ループの組〔1203, 1206, 1209〕の組み合わせと各閉ループの形状と面図内座標値とに基づき生成された2つの長方形と1つの直角三角形をモデルプリミティブ図形のラベルとしてもつ直角三角柱のモデルプリミティブである。各稜線の長さは、閉ループの長方形や三角形の一辺の長さに等しく、各頂点の3次元空間での位置座標は、対応する閉ループの頂点の面図内座標を当該3次元空間の座標に展開して得られることも候補プリミティブ1301の場合と同様である。さらに各候補プリミティブの属性は、図12における閉ループの属性、即ち図11における閉ループの属性及び表5に示す属性の計算方法を用いて表9のように求められる。

【0107】

表9

A	B	C	D			E	F
1301	1201, 204, 207	直方体	+	+	+	+	0
1302	1202, 205, 208	直方体	-	0	-	+	0
1303	1203, 206, 209	直角三角柱	-	0	-	-	0

【0108】

ただし、A：図13中候補プリミティブ

B：図12中の閉ループの組み合わせ

C：候補プリミティブのラベル

D：閉ループの属性の組み合わせ

E：候補プリミティブの属性

F：候補プリミティブの再帰深さ

【0109】その結果、候補プリミティブ1301は

「+」、1302は「-」、1303は「-」の属性を持ちかつ再帰深さはいずれも等しい0であるから、集合演算処理部においてどの候補プリミティブどうしの空間的な集合演算から開始してもよい。例えば、候補プリミティブ1301のソリッドモデルと1302のソリッドモデル間の空間的な差の演算が実行され、その中間結果として1304のソリッドモデルが得られる。さらに1304のソリッドモデルと候補プリミティブ1303のソリッドモデルとの間には空間的な差の演算が実行され、最終的なソリッドモデル1305が得られる。

【0110】ソリッドモデル1305を3面図で表現すると図11に示す正面図、平面図、側面図に一致するから、本発明により図11の正面図、平面図、側面図の2次元図形データから対象物体の正しい3次元形状を表わしたソリッドモデルを自動的に得ることができる。

【0111】以上、候補プリミティブを生成する際に、集合演算の符号に該当する属性を同時に発生させる構成を例示した。しかしながら、そのような属性を伴わない候補プリミティブのみを発生させて、図10に示す候補プリミティブ1001, 1002, 1004のように画面表示させ、発生させた候補プリミティブどうしの演算の符号「+」や「-」を作業者がキーボードから入力することにより、集合演算の際の符号を指定する構成とすることもできる。

【0112】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、入力対象物体の形状を描いた3つの面図の2次元図形データから閉ループを検出し、これら2次元図形データから検出される凸状の閉ループについて特徴量を計算し、各面図間での対応付けを行って対応する閉ループを構成面の輪郭線として持つ候補プリミティブを生成させ、当該候補プリミティブの属性を当該プリミティブを構成する閉ループの属性から計算し、候補プリミティブの属性を用いて候補プリミティブのソリッドモデルの空

間的な集合演算を実行することによって、入力対象物体の形状を限定することなく、また虚の図形を生成したり一旦得られたデータを再変換することなく、入力対象物体の3次元形状を表現したソリッドモデルを自動的に生成することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係わる3次元図形データの生成方法を処理部に分解して示す概念図である。

【図2】正面図の2次元図形データの一例を示す図である。

【図3】直角三角柱のモデルプリミティブ図形を示す図である。

【図4】閉ループの面図間での対応付けの方法を説明するための図である。

【図5】図1の正面図閉ループ特徴量計算部106処理の内容を説明するための図である。

【図6】補助線を生成する方法を説明するための図である。

【図7】3次元形状が2次元に縮退することを説明するための図である。

【図8】本発明を適用した第1の具体例を説明するための図

【図9】本発明を適用した上記第1の具体例を説明するための図

【図10】本発明を適用した上記第1の具体例を説明するための図

【図11】本発明を適用した第2の具体例を説明するための図である。

【図12】本発明を適用した上記第2の具体例を説明するための図である。

【図13】本発明を適用した上記第2の具体例を説明するための図である。

【図14】従来のB-Repモデルを説明するための図である。

【図15】従来のCGSモデルを説明するための図である。

【符合の説明】

101 2次元図形データ入力部

102 モデルプリミティブデータ入力部

103 正面図データ検索部

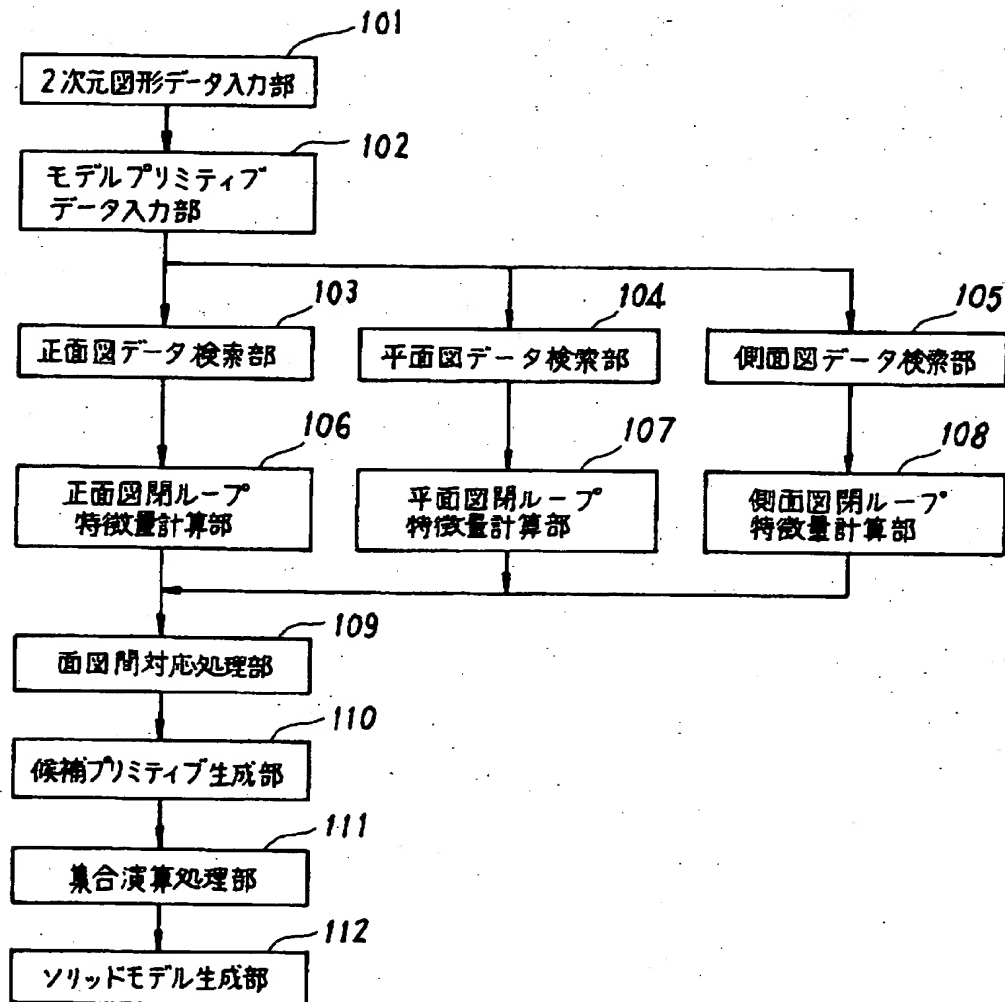
104 平面図データ検索部

50 105 側面図データ検索部

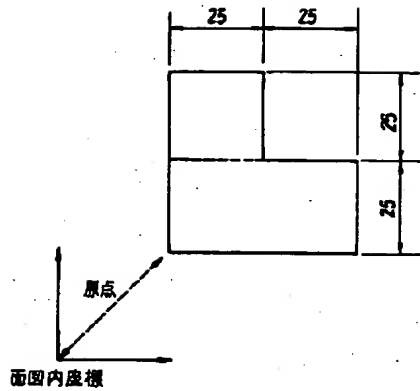
106 正面図閉ループ特徴量計算部
 107 平面図閉ループ特徴量計算部
 108 側面図閉ループ特徴量計算部
 109 面図間対応処理部
 110 候補プリミティブ生成部
 111 集合演算処理部
 112 ソリッドモデル生成部
 501 最外周閉ループ検出部
 502 最外周閉ループ凹凸判定部
 503 最外周閉ループ補助線生成部

504 閉ループ検出部
 505 特徴量初期設定部
 506 凹凸判定部
 507 形状判定部
 508 特徴量計算部
 509 閉ループ棄却処理部
 510 補助線生成部
 511 再帰処理制御部
 512 最外周閉ループ形状判定部

【図1】

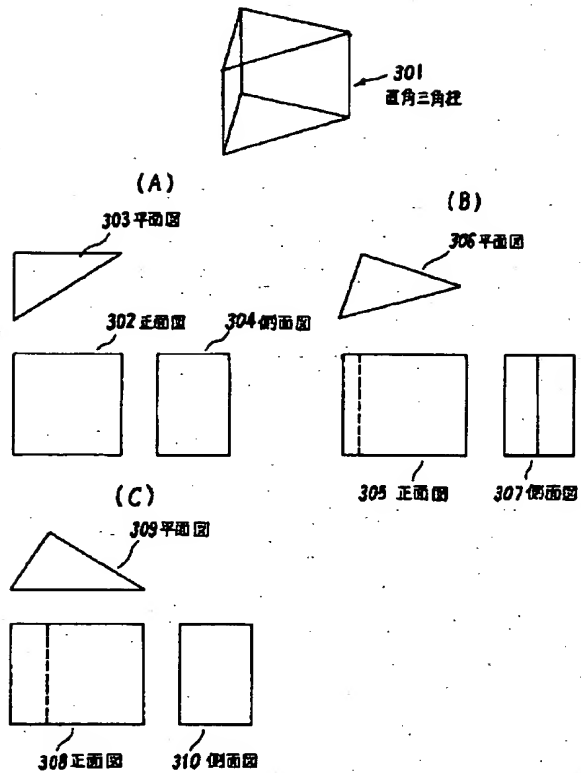


【図2】



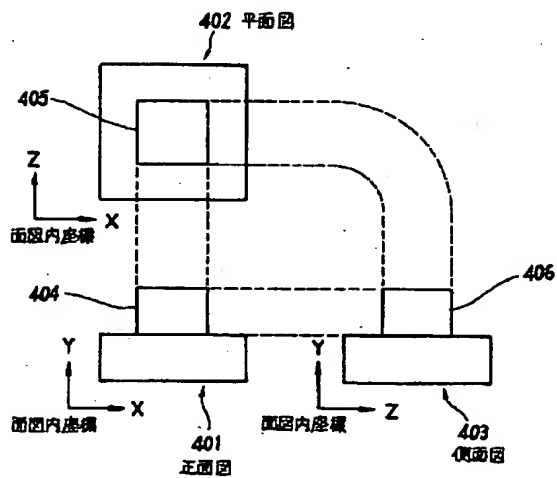
【図3】

モデルプリミティブ図形の説明図



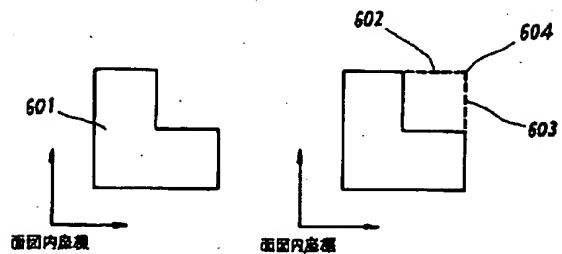
【図4】

各面図に表われる閉ループどうしの対応付けを説明する図

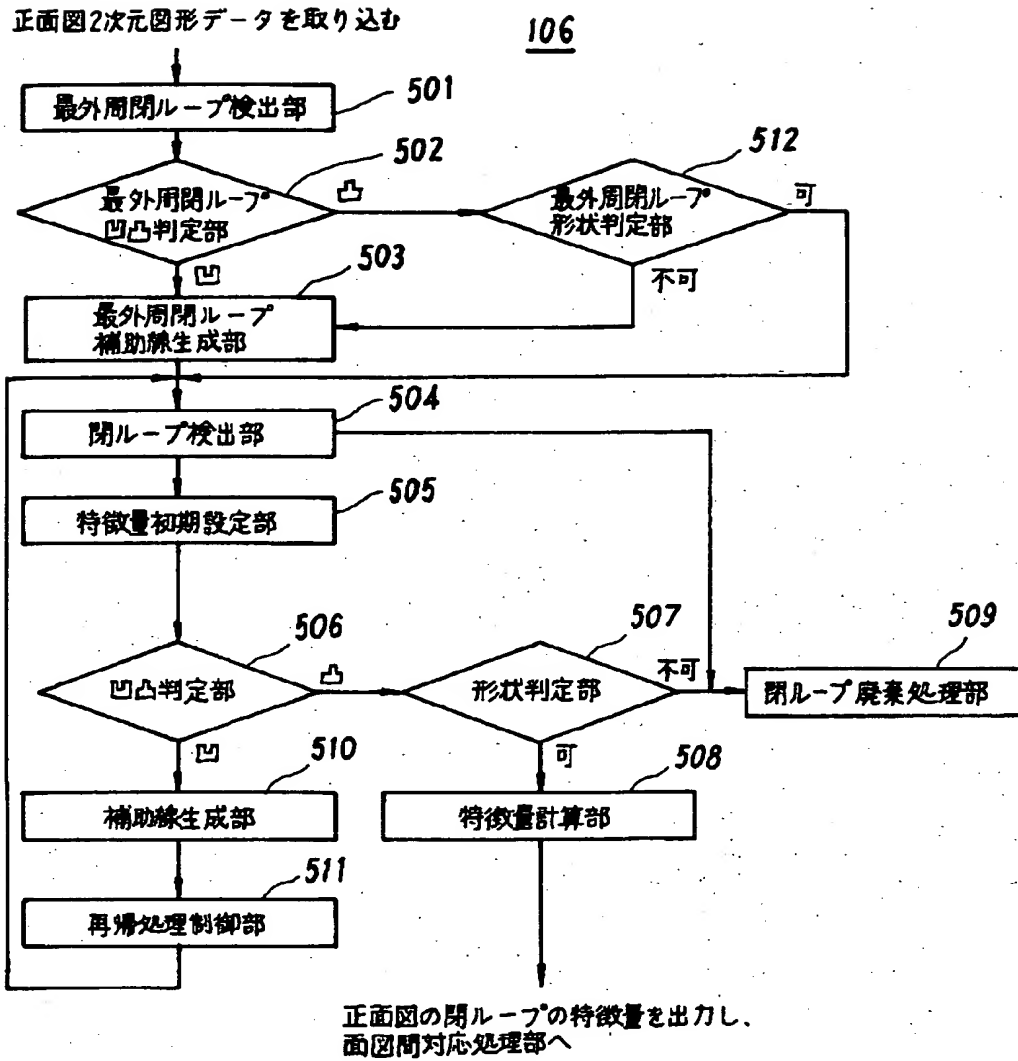


【図6】

補助線生成方法の説明図



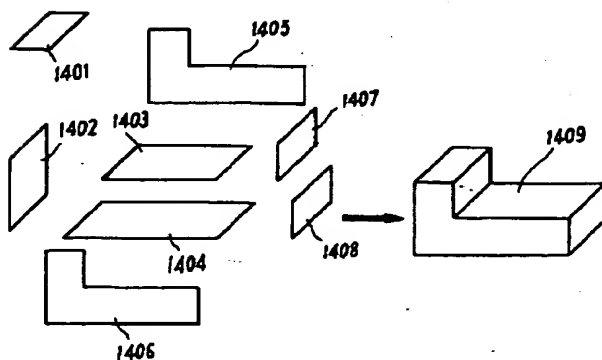
【図5】



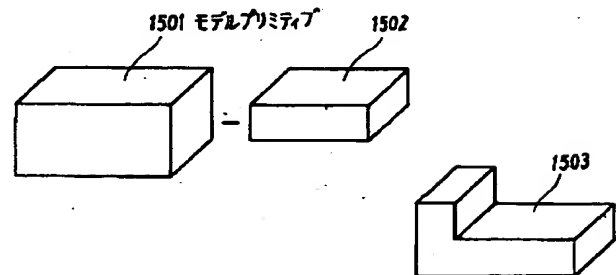
【図14】

【図15】

B-Repモデルの説明図

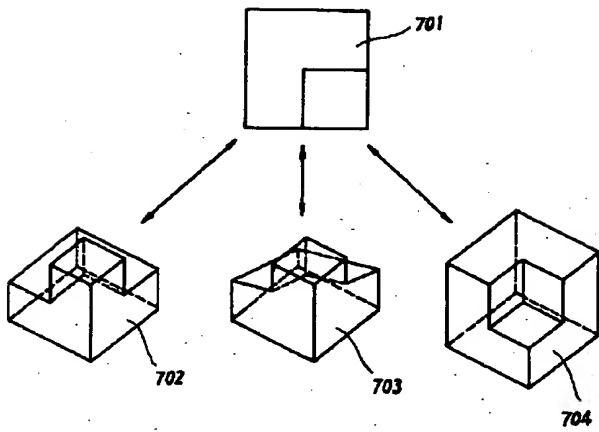


CSG法の説明図



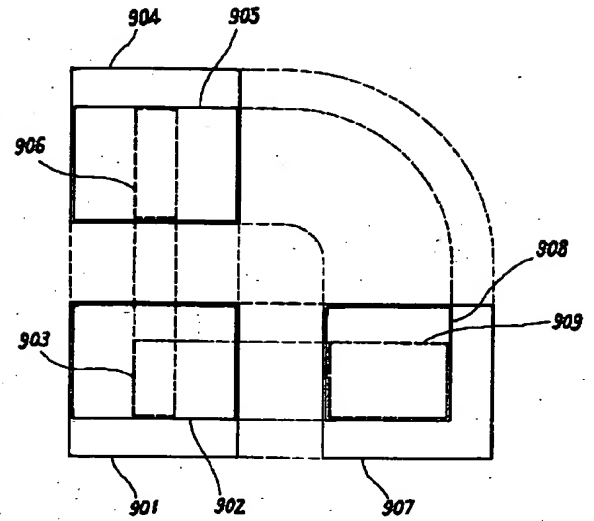
【図7】

3次元の形状情報が2次元に縮退する例の説明図

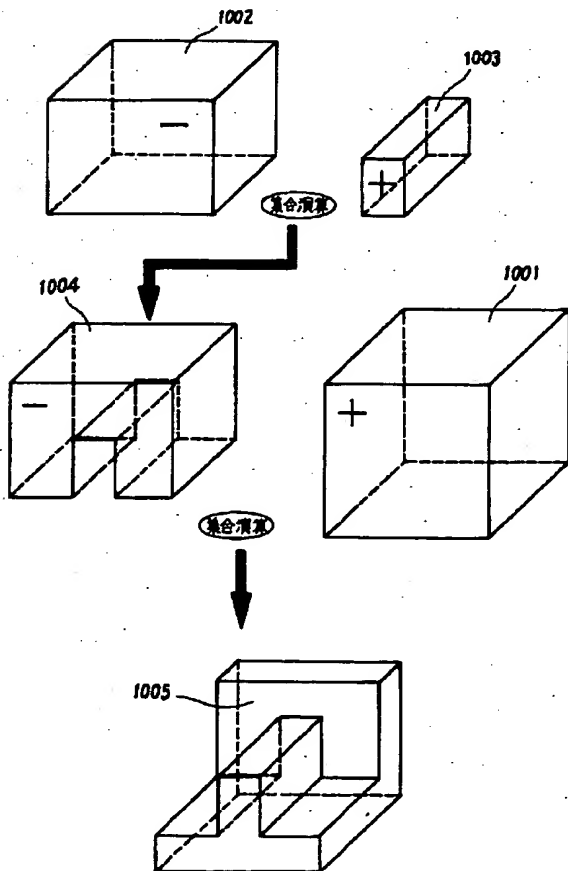


【図9】

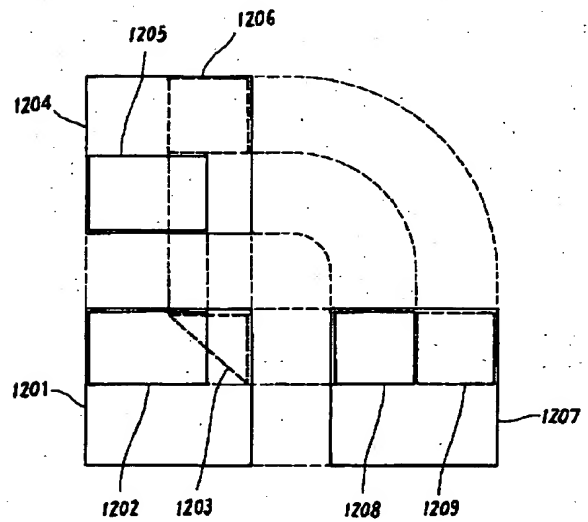
各面図間の対応付けの説明図



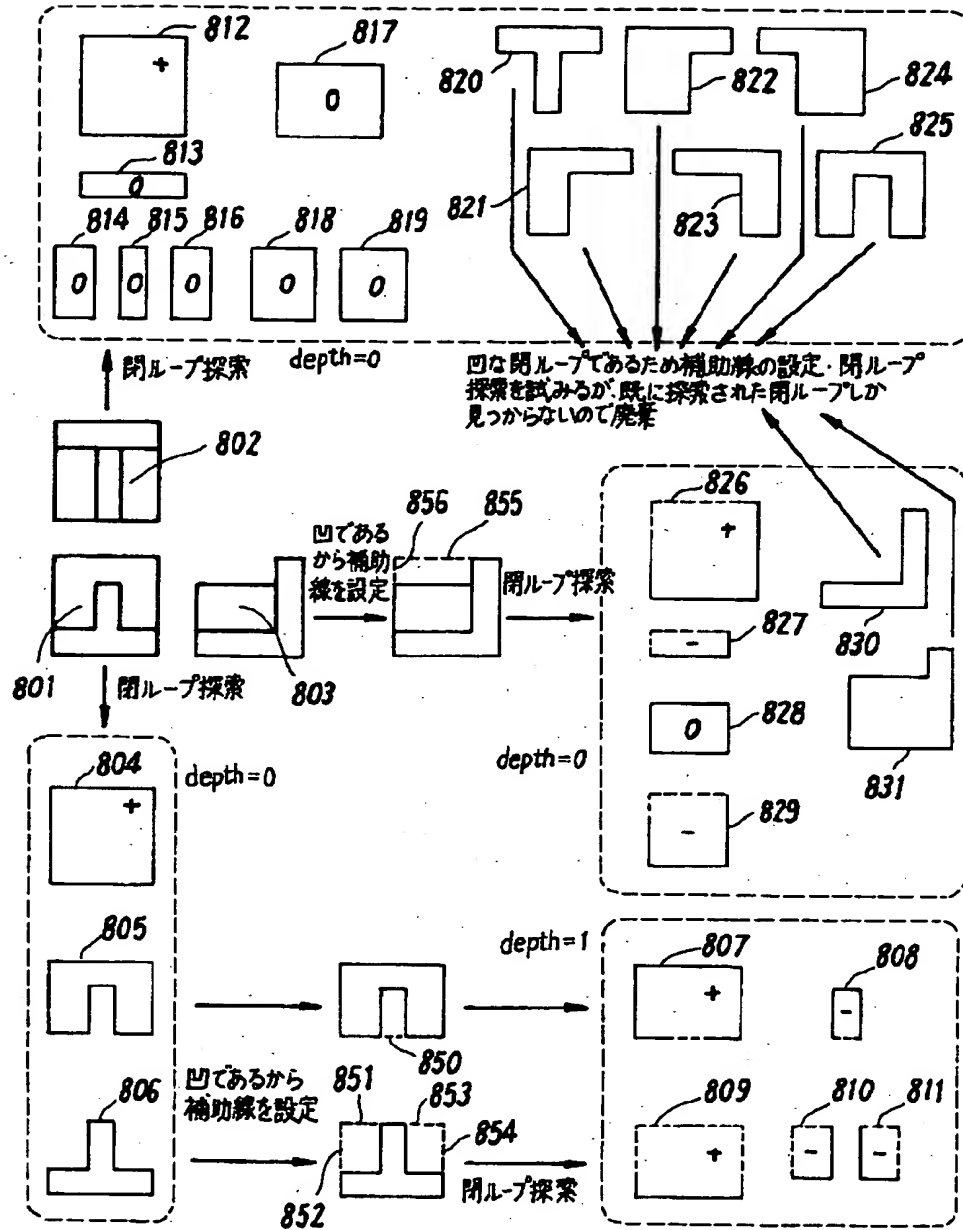
【図10】



【図12】



【図8】



【図13】

